

· 西部陆海新通道——平陆运河工程建设专栏 (4) ·



西部陆海新通道(平陆)运河工程 规划设计方案综述*

潘海涛, 吴 澎, 袁和平, 吕小龙, 高成岩, 吴志龙
(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 平陆运河是建设西部陆海新通道、加快建设交通强国的标志性工程, 工程始于南宁市横州市西津库区平塘江口, 终点为北部湾钦州港东航道, 按内河I级航道标准建设, 可通航5 000吨级船舶。工程从上游至下游建设马道、企石、青年3个梯级枢纽, 各枢纽一次性建成双线5 000吨级船闸。项目开发任务以发展航运为主, 结合供水、灌溉、防洪、改善水生态环境等, 主要建设内容包括航运枢纽、航道、跨河建筑物及道路工程以及配套工程等。平陆运河规划设计始终贯彻系统观、生态文明思想, 坚持科技赋能、创新引领, 将建设世界上规模最大、启闭速度最快的内河省水船闸。

关键词: 平陆运河; 省水船闸; 智慧运河; 生态运河

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)11-0001-07

Overview of planning and design scheme for western land-sea new corridor (Pinglu) canal project

PAN Haitao, WU Peng, YUAN Heping, LYU Xiaolong, GAO Chengyan, WU Zhilong
(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The Pinglu Canal is a landmark project for building a new land-sea corridor in the western region and accelerating the construction of a transportation powerhouse. Pinglu Canal starts from the Pingtang River estuary in Xijin reservoir area of Hengzhou City, Nanning, and ends at the east channel of Qinzhou Port in Beibu Gulf. It is built according to the standards of class I inland waterway and can accommodate 5,000-ton ships. The project will construct three cascade hubs, namely, the Madao, Qishi and Qingnian, from upstream to downstream, and each hub will be built with a double-line 5,000-ton ship lock at one time. The project development task is mainly focused on developing shipping, combined with water supply, irrigation, flood control, and improving the water ecological environment. The main construction contents include shipping hubs, waterways, river-crossing buildings and road projects, as well as supporting projects. The planning and design of the Pinglu Canal is always guided by systematic approach and ecological civilization thinking, adhering to the principles of technological empowerment and innovation leadership, and will construct the world's largest inland river water saving ship lock with fastest opening and closing speed.

Keywords: Pinglu Canal; water saving ship lock; intelligent canal; ecological canal

平陆运河是优化提升全国水运网络、加快建设国家综合立体交通网的联网工程, 是建设西部陆海新通道、加快建设交通强国的标志性工程。

2022年8月28日, 经过历时4年的规划、前期研究和勘察设计工作, 西部陆海新通道骨干工程——平陆运河实现实质性开工、持续性建设。

收稿日期: 2024-02-07

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFB2600183); 中交集团重大科技项目(2023-ZJKJ-13)

作者简介: 潘海涛(1972—), 男, 正高级工程师, 从事水运工程规划设计。

中交水运规划设计院有限公司依托 70 余年内河水运规划设计的积累和经验，全面主持平陆运河规划论证、前期研究及勘察设计工作，助力这一世纪工程决策立项和开工建设。2018 年交通运输部将平陆运河列入重大水运工程清单。2019 年广西壮族自治区组织开展航运规划和技术性课题研究工作，2020 年开展项目建议书编制，2022 年 3 月完成立项。2022 年 7 月工程可行性研究报告获得广西壮族自治区发改委批复。2022 年 8 月，先导工程初步设计和施工图设计相继获得批复。2022 年 12 月整体工程初步设计获得广西壮族自治区交通运输厅批复。

1 工程概况

平陆运河始于西江干流西津库区南宁横州市平塘江口，跨沙坪河与钦江支流旧州江分水岭，经钦州市灵山县陆屋镇沿钦江干流南下进入北部湾钦州港海域，全长约 134.2 km，是一条通江达海的水运通道^[1-2]。对于南宁及以西经济腹地南向出海货物，平陆运河出海通道较现状西江—广州港出海，可缩短运输距离约 80%，节省运输时间约 90%，运输经济效益好、战略通道价值大。工程主要建设内容包括航道工程、航运枢纽工程、沿线跨河设施工程以及配套工程。平陆运河地理位置及线路走向见图 1、2。



图 1 平陆运河地理位置及线路

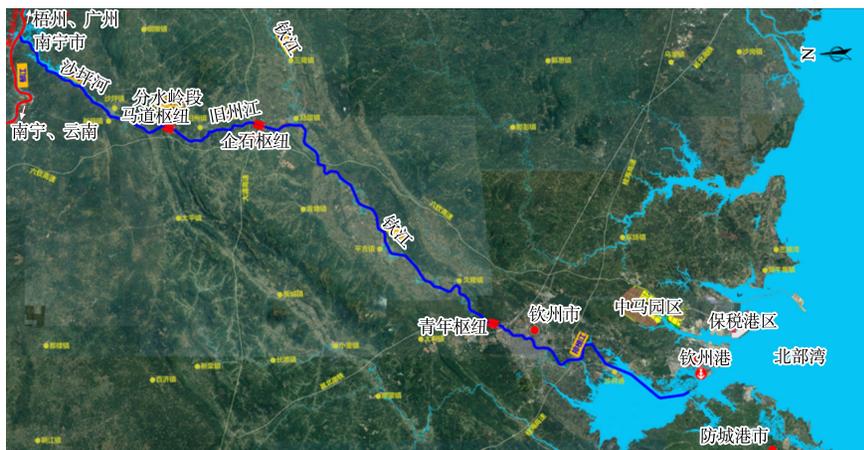


图 2 平陆运河线路与梯级枢纽位置

2 工程规划设计理念

1) 平陆运河是定位于西部陆海新通道的骨干工程, 规划设计要体现国家大通道、新通道的项目定位。工程规划设计理念要贯彻系统观、生态文明思想的要求, 超前谋划、统筹规划、前瞻性预留, 坚持科技赋能、创新引领^[3]。

2) 工程开发系统观: 包括工程开发定位于实现水资源综合利用; 结合入海侧港口规划、西江沿线枢纽港口开发规划、沿运河港产城规划, 多规融合形成综合运输体系。

3) 开发模式创新研究^[4]: 研究体系包括流域综合开发、运河经济带构建、运河全寿命周期投建营一体化模式等。

4) 大通道新规划理念^[5-6]: 体现在航道和船闸等级规模主尺度、沿线通航枢纽数量优化、江海高效换装及智慧化运行调度等方案论证, 形成安全、高效、便捷、大容量水运通道, 满足国家战略通道需要。

5) 新技术示范应用^[7]: 包括大型人工水道创新设计方法和参数、高效省水船闸、长寿命混凝土、数字孪生航道和智慧运河、土石方资源化综合利用、绿色生态航道等。

3 开发任务

项目任务以发展航运为主, 结合供水、灌溉、防洪、改善水生态环境等。

1) 航运: 通过建设航运枢纽和运河航道工程, 构建连接西江内河航道网和北部湾港的江海联运体系。

2) 供水: 通过开挖运河航道沟通郁江和钦江水系, 利用船闸运行从郁江调水, 近期与引调水工程相结合, 对工程建设影响的既有取水设施进行改建, 满足沿线生产生活及运河经济带用水需求。

3) 灌溉: 结合引调水工程在运河沿线发展大型灌区, 沿线航运枢纽布置和逐级下泄水量考虑了规划灌溉工程的取水需求。

4) 防洪: 通过对现状河道进行拓宽浚深, 洪水归槽明显, 可使洪水位降低, 减小两岸的防洪

压力。当郁江发生超标准洪水时, 在保证运河航道安全和钦江流域防洪安全的前提下, 从马道枢纽分郁江洪水, 减轻郁江干流中下游河段防洪压力。

5) 改善水生态环境: 运河实现航运用水与生态用水相结合, 有效解决钦江干流河道内生态水量不足的问题, 提高河流自净能力。青年枢纽新建鱼道为鱼类恢复洄游通道。建设生态护岸以及构建生态涵养区, 为流域环境治理、打造运河生态廊道创造基础条件。

4 货运量需求

平陆运河直接腹地主要包括钦州、南宁、贵港、百色、来宾、柳州、河池、崇左等八地市, 间接腹地可辐射广西全区以及贵州、云南等省部分区域; 随着远期湘桂运河开发, 平陆运河远景腹地有望拓展至湖南省部分地区。综合考虑腹地资源开发、经济社会状况、对外贸易发展特征及趋势, 运用常规方法预测, 2035、2050 年平陆运河货运量将分别达到 9 550 万、1.2 亿 t。

常规方法预测的特点决定了其对诱增需求的考虑存在局限性^[8]。根据国内外类似水运通道开发运营实践经验, 跨水系运河连通工程的开发对沿线经济发展的带动作用明显大于普通交通项目, 平陆运河新通道建设将会对内陆腹地综合交通体系、国土空间及生产力布局和经济社会发展产生深远影响, 预计将创造更多的产业发展空间, 产生更多的开发性诱增需求, 考虑开发诱增需求时平陆运河货运量有望达到 1.5 亿~1.8 亿 t。

5 设计代表船型

平陆运河以 1 000~5 000 吨级散货船及集装箱船为主, 在与西江航运干线现状及未来航道建设方案相协调的基础上^[9-10], 经济性、环保性、适航性最优的船型尺度见表 1。

从优化工程投资、引导船舶大型化有序发展等角度考虑, 在满足运输经济性以及对船舶发展趋势基本适应的前提下, 5 000 吨级设计代表船型尺寸为 90 m×15.8 m×5.0 m (长×宽×吃水)。

表1 平陆运河船型主尺度系列

船型	船舶吨级	总长/m	总宽/m	满载吃水/m
散货船	1 000	45.0~50.0	10.8~11.0	2.6~3.0
	2 000	68.0~74.0	13.8~14.0	2.8~3.5
	3 000	74.0~80.0	15.5~15.8	3.4~3.8
		86.0~90.0	15.5~15.8	3.2~3.5
	5 000	86.0~90.0	15.5~15.8	4.8~5.2
集装箱船	1 000	54.0~60.0	10.8~11.0	2.4~3.0
	2 000	68.0~74.0	13.8~14.0	3.0~3.4
	3 000	68.0~74.0	15.5~15.8	4.2~4.8
	5 000	86.0~90.0	15.5~15.8	4.6~4.8

6 建设方案

6.1 建设规模与标准

平陆运河按内河 I 级航道标准建设^[11]，可通航 5 000 吨级船舶。运河两端总落差 63.6 m，从上游至下游建设马道、企石、青年 3 座航运枢纽，工程等级均为一等，各枢纽一次性建成双线单级 5 000 吨级船闸，船闸有效尺寸均为 300 m×34 m×8.0 m(长度×宽度×最小门槛水深)，主要建筑物工程合理使用年限为 100 a。2035、2050 年双线船

闸年通过能力分别为 8 400 万、8 900 万 t，满足不同水平年单向年货运量需求。

马道枢纽正常蓄水位为 62.3 m，设计最低通航水位 57.8 m，设计最大运行水头差 29.6 m。主要建筑物按 1 级建筑物设计，次要建筑物按 3 级设计。主要建筑物防洪标准按 500 a 一遇洪水设计、2 000 a 一遇洪水校核。

企石枢纽正常蓄水位为 35 m，设计最低通航水位 34 m，设计最大运行水头差 27 m。主要建筑物按 2 级建筑物设计，次要建筑物按 3 级设计。主要建筑物防洪标准按 100 a 一遇洪水设计、2 000 a 一遇洪水校核。

青年枢纽正常蓄水位为 8.7 m，设计最低通航水位 8 m，设计最大运行水头差 10.94 m。主要建筑物按 2 级建筑物设计，次要建筑物按 3 级设计。主要建筑物防洪标准按 100 a 一遇洪水设计、1 000 a 一遇洪水校核。

平陆运河梯级布置纵断面见图 3。

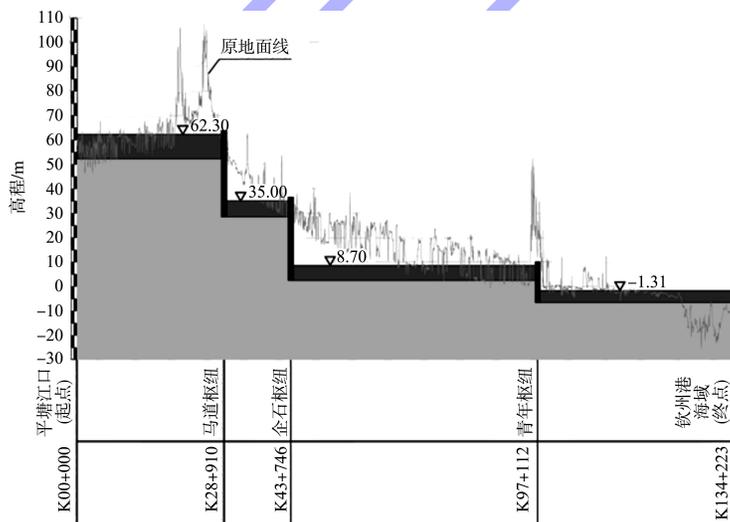


图3 平陆运河梯级布置纵断面

6.2 工程方案

6.2.1 航道工程

平陆运河始于西江干流西津库区南宁市横州市平塘江口，终点为北部湾钦州港海域钦州港东航道，根据不同区段特点确定航道选线及尺寸^[12]。各段航道尺寸见表 2。

航道水下护坡采用抛石、模袋混凝土、混凝土

板和挂网喷锚等防护形式；水上护坡采用土工格室、格构植草、加筋麦克垫和三维网垫护坡等防护形式，局部采用半直立式护岸。针对断层、软弱岩土层、溶洞及破碎带等不良地质区域，采用抗滑桩、预应力锚索、锚杆、重力式挡墙等支护形式进行边坡加固。对航道沿线支流口采取疏浚扩挖加宽、增设跌水消能设施、增设导流堤等方案进行处理。

表 2 平陆运河航道尺寸

航道起讫点	里程/ km	水深/ m	宽度/ m	最小弯曲 半径/m
平塘江口—马道枢纽	27.576	6.3	80	360
马道枢纽—企石枢纽	11.882	6.3	80	360
企石枢纽—青年枢纽	50.317	6.3	80	360
青年枢纽—钦州水上服务区	9.672	6.3	90	450
钦州水上服务区—沙井钦江大桥	11.772	6.5	100	450
沙井钦江大桥—沙井岛下游	4.006	6.5	130	540
沙井岛下游—钦州港东航道	10.282	6.5	140	540

注: 里程不包含枢纽部分。

6.2.2 航运枢纽工程

马道枢纽位于运河分水岭处, 由双线船闸、应急分洪闸和连接坝组成, 采用集中布置形式, 双线船闸布置在右岸, 应急分洪闸布置在左岸。枢纽坝顶高程 73.5 m, 坝轴线总长 419.6 m。左岸连接坝段长 42.5 m, 采用空箱式结构。应急分洪闸坝段长 35 m, 采用 3 孔单孔净宽为 8 m 的泄水闸, 设计泄洪流量 100 m³/s。双线船闸坝段长 280.8 m, 闸首闸室采用分离式结构, 采用闸墙长廊道经闸室中心进口垂直分流、闸底支廊道 4 区段出水的分散输水系统, 设置三级省水池, 省水率超 60%。右岸连接坝段长 61.3 m, 采用混凝土重力式结构。

企石枢纽位于钦江支流旧州江, 由双线船闸、泄水闸和连接坝组成, 采用集中布置形式, 双线船闸布置在右岸, 泄水闸布置在左岸。枢纽坝顶高程 39.5 m, 坝轴线总长 760.7 m。左岸连接坝段长 210 m, 采用空箱结构和均质土坝结构形式。泄水闸坝段长 56 m, 采用 5 孔单孔净宽为 8 m 的泄水闸, 设计泄洪流量 1 430 m³/s。双线船闸坝段长 316.7 m, 闸首闸室采用分离式结构, 采用闸墙长廊道经闸室中心进口垂直分流、闸底支廊道四区段出水的分散输水系统, 设置三级省水池, 省水率超 60%。右岸连接坝段长 178 m, 采用均质土坝结构。

青年枢纽位于钦江钦州城区, 由双线船闸、泄水闸、电站、鱼道和连接坝组成, 采用分散布置形式, 双线船闸布置在钦江左岸, 挡泄水建筑物布置在钦江主河槽内。船闸及连接坝轴线长 244 m, 坝顶高程 17.5 m。左岸连接坝段长 56 m, 采用混

凝土重力式结构。双线船闸坝段长 132 m, 闸首闸室采用分离式结构, 采用闸底长廊道侧支孔分散输水系统以及互灌互泄省水形式, 省水率 50%。右岸连接坝段长 56 m, 采用混凝土重力式结构; 泄水闸及连接坝轴线长 256.22 m, 坝顶高程 17.5 m。左岸连接坝段长 34 m, 采用混凝土重力式结构。泄水闸坝段长 122 m, 采用 7 孔单孔净宽为 13 m 的泄水闸和 1 孔单孔净宽为 2 m 的放水底孔, 设计泄洪流量 5 090 m³/s。

各枢纽船闸工作闸门均采用人字门, 泄水闸工作闸门均采用弧形门, 检修闸门采用叠梁门。马道枢纽采用双向台车检修方式, 企石枢纽采用单向台车检修方式, 青年枢纽采用 A 型门机检修方式。

6.2.3 道路桥梁工程

平陆运河涉及恢复性重建道路、改善性道路总长 44.276 km, 道路工程涉及 15 座桥梁, 总长度 1 532.98 m; 涉及 6 座新建桥梁, 包括 3 座新建公路桥、1 座专用动物通道桥及 2 座枢纽公路桥; 改建 20 座既有桥梁 20 座, 含 1 座铁路桥。防护加固 1 座桥梁。

6.2.4 配套工程

1) 航标工程。根据不同区段分别按照内河航标及海区航标设计标准设计。内河段航标包括助航标志和交通安全标志两部分, 入海口段航标主要为助航标志。全线共新建 411 个助航标志和 221 个交通安全标志, 改造 5 个原有助航标志, 对已建 16 个助航标志进行拆除。

2) 公用工程。为保障高效、便捷和安全的水上运输需求, 提高对船舶、船员和航运管理的服务水平, 在南宁市横州市新福镇沙坪河段和钦州市城区南部钦江段各设置 1 处水上综合服务区, 提供船舶服务、生活供给、环保服务、管理服务、应急保障、船员服务等。

根据梯级枢纽布置和生产生活管理需求, 在 3 个枢纽各设置 1 处枢纽管理区, 提供办公管理、应急保障、生活保障、教育培训等服务。

航道管理中心布置在青年枢纽, 并在新福水上综合服务区和钦州水上综合服务区各设置 1 处航道管理站, 与水上综合服务区合并布置。

3) 锚地。平陆运河共设有3个航运枢纽,在各枢纽上、下游均设置1处待闸锚地。马道枢纽上下游、企石枢纽上下游以及青年枢纽上游待闸锚地设置3个5 000吨级泊位,可双排停靠6艘5 000吨级船舶。青年枢纽下游待闸锚地与钦州市水上综合服务区结合布置,可停靠15艘5 000吨级船舶。

考虑船舶待泊、应急避风需求,在入海段海域布置锚地2处,其中茅尾海1#锚地泊位数32个,茅尾海2#锚地泊位数86个。根据西江航运干线与平陆运河之间的联合调度,结合南宁港的规划建设,进一步研究在平塘江口附近水域布设锚地。

4) 水利设施拆除及改造工程。工程建设影响了引郁入钦工程、钦州东西干渠、钦州城区取水泵房、钦州市堤防工程及排涝纳潮建筑物、沿线灌溉与排水渠道、人饮工程等水利设施,按照“原标准、原规模、原功能”进行改建。

6.2.5 资源要素保障

1) 航运水资源。平陆运河采用多级省水船闸节水技术,控制断面马道枢纽船闸布置三级省水池,航运用水量可节省60%以上。考虑货运量发展周期及船舶过闸效率等因素,近期需要从郁江引调水约 $24\text{ m}^3/\text{s}$ 。根据水资源论证分析,平陆运河在与引郁入钦调水工程相结合的基础上,以不影响现状贵港枢纽最小下泄流量保证率为前提,通过调整百色水库发电调度,结合西津、邕宁等水库统一调度,可保障平陆运河近期航运用水需求;远期随着货运量发展以及船舶过闸效率的提高,结合沿线灌区、经济和社会发展水资源需求,由引调水工程统筹解决,实现水资源综合高效利用。

2) 项目用地。根据初步设计阶段方案,项目征收土地总面积 84.7 km^2 ,包括永久征用土地和临时征用土地。永久征用土地 27.3 km^2 ,包含耕地 8.7 km^2 、林地 6.7 km^2 以及其他用地;临时征地 56 km^2 ^[13]。

3) 海域使用。项目入海口近海段航道及茅尾海锚地涉及使用钦州市钦南区茅尾海海域,用海面积 5.9 km^2 ,用海类型为交通运输用海(一级类)中的航道用海和锚地用海(二级类),用海方式为

开放式用海中的专用航道锚地及其他开放式用海,用海性质为公益性用海。项目施工过程中严格执行用海要求,并进行海域使用动态监测。

6.2.6 绿色运河

运河建设贯彻生态文明思想,打造生产、生活、生态“三生融合”的运河生态廊道。结合钦江综合治理,保持并拓展原河道的生态功能。越岭段建设2处动物通道,解决陆生生态阻隔;青年枢纽建设双鱼道,打通鱼类洄游通道,并在旧州江段设置1处渔业增殖站;运河沿线裁弯取直处布置36处生态涵养区,支流口设置4处支流替代生境,主动采用生态结构和柔性护岸,逐步形成新的水岸生态系统,为运河沿线底栖、鱼类、鸟类等生物提供栖息环境;针对红树林、牡蛎等敏感物种开展异地种质资源保护及恢复工作;工程构建运河生态监测网络,沿线建设5处多样性观测分站、1处主站,开展运河枢纽生态调度,实施全过程绿色建筑;结合运河工程较为显著的船行波生成及其与护岸相互作用的机理,建设适用持久的生态护岸。

6.2.7 智慧运河

工程借助现代信息技术手段,依托建筑信息模型(BIM)设计,与平陆运河工程全生命周期建设管理深度融合,打造平陆运河工程数字孪生平台,并在此基础上构建项目全要素监管的智慧建造系统以及港航闸一体化调度的智慧运营系统,实现运河全要素数字化和虚拟化、全状态实时化和可视化、管理决策协同化和智能化。

智慧运河覆盖平陆运河建设阶段、运营阶段的全生命周期,同时融合运用5G、北斗、大数据、人工智能、数字孪生等新一代信息技术,旨在利用数字化手段提升平陆运河建设运营管理水平。主要建设内容为建设一朵平陆云、感知和传输两张网、一个数字孪生平台、智慧建造和智慧运营两个体系;一个指挥调度中心、安全和标准两套体系。

6.2.8 工程实施

沙坪河、旧州江、钦江干流河道采用分期导流的施工方式,航道工程采用5 a一遇导流标准设

计, 企石枢纽、青年枢纽按照 20 a 一遇导流标准设计, 马道枢纽位于分水岭, 上游预留岩埂挡西津水库回水, 按照 2 000 a 一遇挡水标准设计。

运河土石方开挖工程量共 3.39 亿 m^3 , 通过采用抬填造地、吹填造地(海上)、绿色建材、矿坑生态修复、园区回填、工程自用、土地复垦等方式, 实现资源集约利用, 打造绿色运河。

工程施工工期 52 个月, 计划于 2026 年 12 月底主体工程建成。

7 结语

1) 平陆运河属于以航运为主的综合性流域开发工程, 影响范围广, 工程建设涉及水利、生态环境、自然资源、农林渔业、海洋、海事、铁路、市政及通信电力等诸多部门, 工程实施阶段须妥善解决涉及的工程边界和接口, 确保利益相关者合法权益, 保障运河开发建设的顺利实施。

2) 各参建单位做好施工协同, 针对施工过程中发现的地质条件变化、技术问题、施工工艺优化等, 及时研究制定技术解决方案, 促进设计与施工的紧密衔接。关注广西地区雨季施工特点, 做好现场巡查工作, 重点关注防洪度汛、边坡稳定、混凝土施工、高温季节大体积混凝土温度控制等, 确保施工质量。

3) 运河工程土石方开挖量大, 工程建设阶段应结合多种利用途径和征地条件, 积极开展土方堆存场地的选址优化和动态设计, 实现土石方资源化利用。土石方堆存场数量多, 部分堆存场堆存高度高、堆存量较大, 应结合实施情况及时开展安全复核工作。

4) 坚持“建设、运营、管理”一体化设计理念, 持续深化物流运输组织体系研究, 完善水运网络衔接, 构建全链条交通物流体系及物流运输信息平台, 推进平陆运河配套江海联运港区、公路、物流枢纽、信息调度系统建设, 确保平陆运河建成后尽早发挥效益。

5) 积极开展创优工作, 运河工程开发具有原创性、行业示范性和引领性, 以平陆运河工程为

载体, 持续科研投入, 在运河融合开发、综合交通、基础设施建设、生态绿色智慧等领域形成具有示范意义的技术、产品和标准体系。

6) 展望未来, 平陆运河的设计、建设与运营将共同推动平陆运河充分发挥西部陆海新通道骨干工程的作用, 持续提升西部陆海新通道开放能级和通达能力。

参考文献:

- [1] 刘宁. 平陆运河工程建设关键问题研究与思考[J]. 水运工程, 2024(6): 1-11.
- [2] 潘海涛, 陶书东, 蔡翠苏, 等. 中流击水 江河湖海奏华章[N]. 中国交通报, 2021-07-08(5).
- [3] 刘可, 王劫耘. 牢牢把握历史观、系统观、实践观, 高标准高质量建设平陆运河[J]. 水运工程, 2024(7): 1-5.
- [4] 杨斌, 潘海涛, 苏川. 平陆运河综合开发模式研究[J]. 水运工程, 2024(7): 6-10.
- [5] 潘海涛, 吴晓磊, 刘晓玲, 等. 新时代我国内河水运高质量发展思路[J]. 水运工程, 2021(10): 14-19.
- [6] 吕小龙, 吴澎, 刘晓玲. 平陆运河航道等级论证[J]. 水运工程, 2021(10): 266-270.
- [7] 宁武. 平陆运河建设理念与方案探讨[J]. 水利水电工程学报, 2023(2): 162-168.
- [8] 王桃, 刘晓玲, 吴晓磊. 基于综合立体交通网构建的平陆运河货运需求分析[J]. 水运工程, 2023(11): 88-93.
- [9] 武汉长江船舶设计院有限公司, 交通运输部珠江航务管理局. 内河过闸运输船舶标准船型主尺度系列 第 3 部分: 西江航运干线: GB 38030. 3—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [10] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 运河通航标准: JTS 180-2—2011[S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- [11] 吕小龙, 吴澎, 刘晓玲. 平陆运河航道等级论证[J]. 水运工程, 2021(10): 266-270.
- [12] 中交水运规划设计院有限公司. 西部陆海新通道(平陆)运河初步设计总报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2022.
- [13] 中交水运规划设计院有限公司, 黄河勘测规划设计研究院有限公司. 西部陆海新通道(平陆)运河工程可行性研究报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2022.